mines & carrières

L'A380 fait décoller la production de granulats

Exploroc, franc-tireur à Montsurvent

DOSSIER

Accessoires de tir et outils de mesure : expériences vécues

revue de la société de l'industrie minérale

avril 2007 - 151e année - n°136 - ISSN 0994-2556

Exploroc, franc-tireur depuis 8 ans

Avec le tir, il y a des règles à suivre si l'on veut gérer les vibrations dans l'environnement. Les mineurs d'Exploroc s'efforcent de les observer, comme le recommande Emmanuel Patte, le dirigeant de cette entreprise. Pour lui, gérer les vibrations, c'est abaisser la vitesse à un objectif, améliorer le contenu fréquentiel et stabiliser ce niveau de vibration. Retour d'expérience avec un spécialiste du minage en carrière.

Cela fait déjà 8 ans que la société Exploroc s'est lancée dans le secteur de la foration et du minage en carrière, un secteur étroit où l'entreprise revendique une indépendance totale et un savoir-faire qui s'enrichit tir après tir. La société a été créée en 1999, avec un salarié. Depuis, 12 personnes ont rejoint les rangs de cette petite structure qui compte deux implantations majeures, l'une à Caen et l'autre à Bourg-en-Bresse. Le chiffre d'affaires a lui aussi connu une progression : de 2,35 M€ en 2005, il est passé à 2,75 M€ en 2006. Et un peu plus de 3M€ sont en commande pour 2007. Mais son dirigeant se veut raisonnable et tient avant tout à maîtriser sa croissance. Il reconnaît être tiraillé entre l'envie d'entreprendre et l'extrême vigilance qu'impose le métier. Le tir en carrière demande selon lui la plus grande prudence, l'erreur se payant "cash". Emmanuel Patte considère à ce sujet que la sécurité est le paramètre à placer au-dessus de tous les autres. "*Il faut fonctionner en termes de risque statistique, un peu comme un assureur, et bien mesurer ce que pourrait réellement induire un raté de tir*". Sur ce point, il constate que l'environnement s'est particulièrement durcit ces dernières années, tant sur la sécurité que sur l'environnement : "*Il semble que nous nous dirigions vers une tolérance zéro*", ajoute-t-il.

Exploroc tient avant tout à pérenniser ses interventions, et à proposer une qualité de tir qui permette à ses clients d'optimiser leurs coûts de revient, grâce à de meilleures cadences d'exploitation. Comment ? En privilégiant un

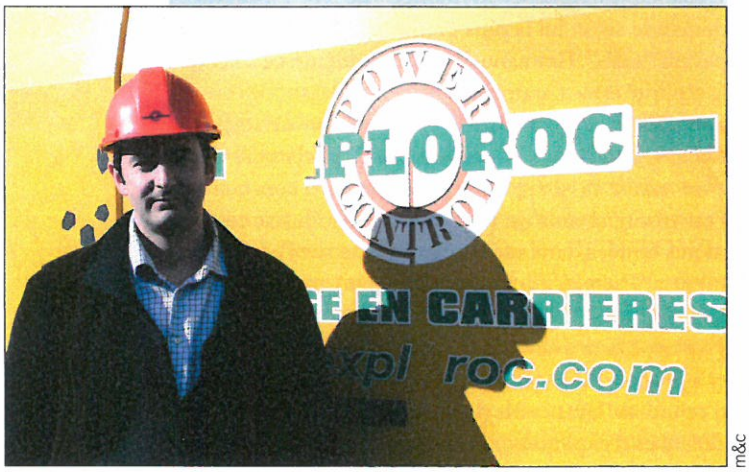
Carrière Colas de Montsurvent, dans la Manche, juste après un tir effectué par Exploroc : l'entreprise est intervenue pour rectifier les fronts, assurer une blocométrie, abaisser les vibrations et diminuer les fines. Le tir est réussi puisqu'il a permis de descendre à 3,44 mm/s à 47 Hz, en libérant 13 000 tonnes d'un 0/600 étalé sur plus de 60 mètres

m&c

facteur essentiel : l'énergie explosive qui est l'énergie la moins chère. "*Elle doit être mise au profit de l'exploitation*", confie Emmanuel Patte, pour qui "*toute énergie de vibration est de l'énergie perdue*".

Enfin, il concède que chaque nouveau marché est un marché différent avec des contraintes nouvelles et que, "*atteindre l'optimum demande une vraie implication et un réel investissement pour une entreprise de minage. C'est ce qui contribue à rendre le métier passionnant*".

Emmanuel Patte, créateur et dirigeant d'Exploroc : *"L'électronique est un réglage fin. Il sera mieux mis à profit si l'on prendre la peine de verrouiller les gros réglages."*



m&c

Respecter la blocométrie, diminuer les fines et valoriser les matériaux

Exploroc intervient depuis plus d'un an dans les quatre carrières du groupe Colas, en Normandie, dont la carrière de Montsurvent, dans la Manche. Cette dernière a fait appel à ses services pour effectuer la foration et le minage dans une zone où les habitations sont relativement proches des zones d'extraction : à 110 mètres pour le corps de ferme le plus proche, et à 150 mètres pour le deuxième. L'exploitant souhaitait abaisser le niveau de vibration enregistré lorsque les tirs étaient effectués en interne, et ne pas dépasser le seuil des 10 mm/s autorisé. Les conditions ont été fixées à 4 mm/s, pour une blocométrie maximale de 0/600. "*L'abaissement relativement important du taux de fines a été un plus non négligeable*", indique Michel Marie, l'exploitant, puisque ce résultat lui permet désormais de mieux valoriser son gisement. Il souhaitait également que les fronts soient alignés.

Pour gérer l'ensemble de ces paramètres, et réaliser les deux tirs mensuels, Exploroc a donc conçu un plan de tir sur 15 mètres de hauteur, sur 3 rangées et en tranchée, car l'implantation se situe dans une nouvelle descenderie. Le tir est effectué dans une roche dure éruptive (une spilite-keratophyre possédant un Los de 10 et un MDE de 11).

Il a permis d'obtenir un tas descendu en forme de vague, de 13 000 tonnes, bien étalé sur 60 mètres. Ce tir à dispositif électronique bi-étagé a donné un niveau de vibration de 3,44 mm/s à 47 Hz. Emmanuel Patte précise que cette configuration de tir ne peut pas être réalisé sans le recours à l'électronique.

Il a nécessité de mettre en œuvre 3,2 tonnes de bouillie (Blendex) dans un diamètre de foration de 134 mm avec un grammage d'un peu plus de 600 g/m^3, et une charge unitaire de 100 kg par détonateur. Ce type de tir est apprécié par l'exploitant qui a constaté le faible niveau de vibration pour un tonnage d'explosif beaucoup plus important que ce qu'il avait l'habitude d'utiliser. Il peut désormais continuer à tirer avec la possibilité d'utiliser les potentialités de son gisement, surtout en direction des zones qu'il s'abstenait jusqu'à présent d'exploiter, celles proches des habitations, en raison du niveau de vibration trop élevé qu'il avait noté par le passé.

Le nombre de tirs, et donc le nombre de vibrations pour les riverains, a diminué. Le temps total de mises en place des périmètres de sécurité a lui aussi été réduit.

Ce type d'intervention est fréquent pour Exploroc, qui intervient dans 27 exploitations dont 17 en Normandie - Bretagne, où chaque site est différent, mais comprend toujours les mêmes objectifs de sécurité, d'environnement et du qualité du tir. Et pourtant, Emmanuel Patte s'engage sur chaque site à offrir une prestation de qualité à l'exploitant par le biais de procédures rigoureuses : un tir implanté par un géomètre et une foration sans déviation pour que le plan soit exécuté comme prévu. Pour y parvenir, l'entreprise a recruté des géomètres chargés de s'assurer du suivi des schémas d'exploitation. L'activité était sous-traitée auparavant. Le volume aidant, l'entreprise a décidé de l'assumer elle-même. "*Cette mission fait désormais partie intégrante de notre métier. Nous bénéficions d'une meilleure organisation et les plans d'implantations sont en conformité avec nos procédures internes dès le premier jet. Cela nous permet également d'effectuer des contrôles plus fréquents des altimétries des*

Privilégier l'organisation

Chez Exploroc, un responsable de tir n'est pas qu'un technicien. C'est un concepteur de tir, un meneur d'hommes et surtout un organisateur. Il gère son temps et celui de son équipe pour garantir le respect des procédures. Autonome, il lui appartient de se libérer du temps pour concevoir le tir dans les conditions de sécurités requises. C'est le pilier de l'organisation. Il doit être à l'écoute de l'exploitant pour le conseiller. Il fait un métier difficile qui nécessite d'allier forme physique et concentration.

A la question, "*quelle est la source d'erreur la plus probable ?*", Emmanuel Patte répond : "*L'erreur humaine. Avec les moyens techniques dont nous disposons pour faire les tirs, l'erreur viendra plus de la fatigue ou d'un défaut de concentration. Une bonne organisation et une extrême vigilance doivent être de mise.*"

carreaux pour les besoins des machines d'extraction", explique le directeur de l'entreprise. Ce qui laisse plus de temps au responsable du tir (le conducteur de travaux ou le chef de chantier) pour préparer ses tirs dans des conditions optimales de sécurité.

La démarche initiée par Exploroc est constituée d'une suite d'opérations dites "de base", correspondant à des méthodes et des procédures testées et éprouvées. De leur bonne application découle des réglages plus fins, comme par exemple le tir électronique, où, là encore, certaines règles sont à observer.

Une procédure à suivre pas à pas

La première étape de cette démarche vise à définir le schéma d'exploitation. Ce qui revient à se projeter à plusieurs années, en respectant des altitudes de carreaux et des orientations de fronts de taille en accord avec l'arrêté préfectoral du site. Cette manière de créer un support de travail pour les futurs tirs est modélisée sur ordinateur. Il apporte à l'exploitant une visibilité permanente de son site.

D'une manière générale, il est souhaitable de travailler avec des fronts alignés. L'objectif est de simplifier les opérations d'implantation et de foration des tirs à venir. Les tirs doivent être reproductibles.

L'implantation par géomètre est la deuxième étape. Elle nécessite l'utilisation de stations laser motorisées. Les matériels utilisés sont des stations Trimble S6. Ce sont de véritables appareils de topographie qui lèvent et implantent le travail dans le repère NGF en xyz. Chaque station effectue un relevé classique de géomètre, et grâce à une fonction optionnelle, elle se sert du relevé laser 3D.

Il faut noter que le plan d'implantation ainsi édité permet d'effectuer des contrôles avant foration. Il apporte aussi une traçabilité du tir effectué.

L'étape suivante, la troisième, est celle de la foration. Exploroc n'utilise que des machines Coprod ou fond de trou pour forer droit, avec des trains de tige larges, pour minimiser les déviations. Ces machines sont équipées de systèmes 3D avec inclinomètre, profondimètre, et système de visée. La foration doit respecter scrupuleusement le plan de foration élaboré par le géomètre.

m&c

Moniteur de contrôle de cabine
avec profondimètre, inclinomètre, système de visée... Un équipement obligatoire pour chaque machine de l'entreprise

m&c

Foreuse fond de trou :
pour les foreurs d'Exploroc, elle minimise le risque de déviation

A ce stade, les forations sont systématiquement contrôlées en épaisseur par des sondes type T-Pex ou Diadème.

Le nouveau système Boretrack à câble MDL, dont l'entreprise vient de faire l'acquisition, permet quant à lui d'aller plus loin dans la mesure du forage grâce à une tête gyroscopique couplé à un logiciel. Les données sont récupérées sur l'ordinateur portable du géomètre. "*Cet outil a permis de mesurer l'impact d'un paramètre comme la forme du taillant ou le diamètre des barres de forage sur la rectitude de la foration*", remarque Emmanuel Patte. "*Il fait partie des systèmes fiables que l'on trouve à présent sur le marché*".

Maîtriser la vibration

La dernière étape est celle du tir, avec depuis quelques années la possibilité de recourir à l'amorçage électronique. Emmanuel Patte note deux aspects intéressants sur ce dernier point : la sécurité et l'environnement.

Concernant la sécurité, l'enrobage d'un fil de détonateur électronique est depuis trois ans bien plus résistant que celui d'un détonateur électrique. Cette raison s'explique par le fait que le détonateur électronique accepte très peu de courant de fuite. Exploroc utilise depuis 2000 l'amorçage électronique et réalise la moitié de ses

m&c

Les riverains sont surtout gênés
par les basses fréquences de vibration :
il convient de rechercher les hautes fréquences

tirs avec ce système. L'expérience montre que la fiabilité du tir est accrue, en particulier dans les roches humides et abrasives. Le raccordement s'avère plus fiable que d'autres systèmes, et il permet de bénéficier d'indications précises sur le circuit jusqu'au moment du tir. Certes, la différence de coût entre les méthodes est à apprécier au cas par cas, "*mais si le tir électronique est plus onéreux, combien peut coûter un tir raté ?*", s'interroge Emmanuel Patte.

S'agissant de l'environnement, l'amorçage électronique a l'avantage d'être reproductible, notamment pour les dates de mise à feu, et cela à la milliseconde près. Alors que les autres détonateurs sont donnés à plus ou moins 4 millisecondes (plus en réalité, selon E. Patte, d'après un constat réalisé avec un appareil VOD). Un détonateur électrique n'a donc pas cette précision. Et sa date de détonation augmente avec son vieillissement, ce qui remet en question la manière dont sont stockés les détonateurs.

Un amorçage reproductible signifie un niveau de vibration reproductible. L'expérience a montré qu'une valeur de vibration pouvait être reproduite sur l'année avec le même signal.

"*Ce qui est source de gêne pour les riverains lors du tir, c'est principalement les basses fréquence*", explique E. Patte. Elles véhiculent de l'énergie, et plus la valeur de vibration se situe dans les hautes fréquences, moins il y aura de gêne. L'électronique a montré sur le terrain qu'elle augmentait le contenu fréquentiel des vibrations, et par conséquent qu'elle minimisait l'énergie de vibration pour le confort du voisinage.

Les mineurs de l'entreprise ont la certitude que le détonateur électronique peut être mis à profit si les étapes citées précédemment aient été respectées (schéma d'exploitation, implantation, contrôle d'implantation, foration...). Or, les vibrations peuvent être multipliées par 3 ou 4, si une seule de ces étapes n'est pas validée. En cas vibrations trop élevées, le réflexe souvent constaté est de diminuer un paramètre. Ce peut être la taille du tir, le diamètre de forage ou la charge unitaire. "*Il faut dans ce cas veiller à ne pas entrer dans une démarche inverse qui consisterait à compromettre le bon fonctionnement de l'explosif. D'autres problèmes seraient alors créés sans pour autant avoir résolu l'aspect vibratoire. Si l'énergie n'est pas mise au profit de la fragmentation, elle se transformera nécessairement en vibration.*"

Beaucoup de combinaisons avec l'électronique

L'électronique laisse le choix de millions de combinaisons possibles sans que les fournisseurs d'explosifs

m&c

Un produit fonctionne mieux
avec un diamètre important,
car plus on s'éloigne du diamètre critique
meilleur est le rendement

aient fourni "le mode d'emploi". "*Il faut donc être extrêmement vigilant, car nous ne sommes plus dans la règle simple du séquentiel avec 8 ms entre 2 charges ou du 25 ms entre trous*", constate-t-on chez Exploroc. En effet, des séquences trop courtes ou trop longues peuvent avoir des effets négatifs sur le tir. La durée du tir peut également être un facteur important pour les riverains.

Le tir bi-étagé ou tri-étagé complexifie de façon exponentielle le plan de tir. En plus du choix des séquences, il faudra veiller à ne pas avoir de cumul de charges (ou de coopération des signaux) d'une part, et ne pas créer d'ondes de compressions dynamiques entre mines voisines, d'autre part.

Sur le dernier point, l'expérience a montré qu'une explosion de mine génère des ondes de compression dynamique sur le voisinage des autres mines. Ces dernières subissent des compressions, puis se relâchent, le tout en quelques millisecondes. "*Mais pendant qu'elles sont comprimées, elles ne sont pas en état de détoner correctement*", note Emmanuel Patte. Selon lui, "*il faut laisser à ces mines le temps de retrouver un état normal avant d'exploser. Si tel n'est pas le cas, lors de séquences trop courtes, la mine aura un rendement très inférieur, avec une fragmentation inférieure à celle escomptée, et par conséquent une vibration bien supérieure à celle prévue*".

Un tel tir doit pouvoir composer avec toutes ces règles pour atteindre son objectif. C'est pourquoi il faut accompagner avec beaucoup de prudence le système électronique.

En parvenant à respecter les règles qui interagissent les unes contre les autres, ce système apporte des réponses concrètes à des problèmes précis. Et dans la mesure où l'on a un système qui fonctionne, on sait qu'il est reproductible.

Privilégier les gros diamètres

Les unités mobiles de fabrication ne sont pas réservées aux exploitations les plus importantes. Et le recours de plus en plus fréquent à cette solution a bien des avantages : le trou est bien rempli ; l'explosif utilisé est insensible à l'eau ; il est inerte après le tir et sa mise en œuvre sur site est très pratique. La bouillie a l'avantage de se répandre dans le trou en épousant le diamètre foré, contrairement à la cartouche, pour qui le diamètre n'est pas celui du trou, mais le sien. La bouillie fabriquée sur site est utilisée sans cordeau, ce qui améliore le fonctionnement du produit, et l'on sait que l'amorçage latéral ne confère pas à un produit son meilleur rendement.

Avec l'habitude, on constate qu'un produit fonctionne mieux avec un diamètre plus important, car plus on se rapproche du diamètre critique, moins le rendement est bon. Ce point théorique est vérifié sur le terrain par le résultat des tirs à grammage équivalent (blocométrie plus fine et plus homogène). Il est corroboré par l'enregistrement des vitesses de détonation des produits sur l'appareil VOD Instantel qui équipe l'entreprise depuis 2000. Donc, à diamètre plus petit, il y a moins d'énergie de fragmentation, car le rendement n'est pas optimal. Et l'on mesure ensuite plus de vibrations dans le massif.

DR

Cependant, compte tenu du volume de tir nécessaire pour avoir une unité mobile de fabrication, on peut avoir tendance à assimiler ce produit (Blendex ou Gemulsite) à des charges unitaires importantes, car il comble entièrement le volume foré. Chez Exploroc, on souligne qu'il faut dans un premier temps regarder à énergie égale, car ce type de produit génère 300 Mj pour 100 kg d'explosif. La dynamite, quant à elle, génère environ la même énergie pour 65 kg. "*Ces deux charges auraient donc tendance à produire la même vibration à ceci près qu'à un diamètre plus élevé ajouté à un bon couplage de l'explosif au rocher, on obtient une meilleure fragmentation, et par conséquent moins de vibration*", estime-t-on.

Ces constats permettent à l'entreprise de tirer ce type de produit avec des tonnages conséquents à proximité d'habitation, comme sur la carrière de Montsurvent.

L'expérience montre que l'augmentation du diamètre diminue le coefficient k de la loi de chapot, une loi qui relie distance, vibration et charge unitaire. "*Nous avons également observé depuis plusieurs années une amélioration significative du contenu fréquentiel des vibrations en augmentant le diamètre, preuve que l'énergie est effectivement transmise dans la fragmentation du massif*", note Emmanuel Patte. "*Avant de diminuer la charge unitaire instantanée, il est souhaitable de se donner les moyens d'optimiser le fonctionnement de la charge*".

Bref, lorsque l'énergie de vibration est minimisée, c'est l'énergie de fragmentation qui est optimisée. C'est peut-être une évidence pour ceux qui s'intéressent de près au sujet, mais il s'agit d'une véritable démarche d'implication pour l'exploitant qui souhaite optimiser son tir. Et par conséquent son gisement. **m&c**

Jean-Pierre Le Port,
à Saint-Contest